

**VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**

Hornicko-geologická fakulta

Institut hornického inženýrství a bezpečnosti

**Možnosti využití granátonosných svorů z lokality Měděnec.**

Possibilities of Utilization Garnetiferous Micaschists from Měděnec Locality.

**diplomová práce**

**Autor:**

Bc. František Peterka

**Vedoucí diplomové práce:**

doc. Ing. Jiří Botula, Ph.D.

Most 2011

## **Poděkování**

Úvodem této diplomové práce bych rád poděkoval vedoucímu práce doc. Ing. Jiřímu Botulovi, Ph.D a Ing. Pavlu Ruckému za jejich postřehy a náměty, související s tvorbou této práce. V neposlední řadě děkuji svojí rodině za trpělivost a shovívavost.

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Hornicko-geologická fakulta  
Institut hornického inženýrství a bezpečnosti

## Zadání diplomové práce

Student:

**Bc. František Peterka**

Studijní program:

N2102 Nerostné suroviny

Studijní obor:

2102T013 Úprava surovin a recyklace

Téma:

Možnosti využití granátonosných svorů z lokality Měděnec  
Possibilities of Utilization of Garnetiferous Micaschists from Měděnec  
Locality

Zásady pro vypracování:

Úvod

1. Geologická a mineralogická charakteristika zájmové oblasti
  2. Granáty, jejich charakteristika, použití a technologie získávání
  3. Odběr vzorků granátonosné suroviny a jejich charakteristika
  4. Laboratorní výzkum úpravy granátonosné suroviny
- Zhodnocení výsledků a závěr

Rozsah práce : 30 - 35 stran textu, 5 - 10 grafických příloh

Seznam doporučené odborné literatury:

Archivní materiály Geologické služby ČR - Geofondu.

BLÁHOVÁ, O, HOLBAIN, M.: *Fyzikální rozdrůžovací procesy I*. Skripta VŠB Ostrava, 1990

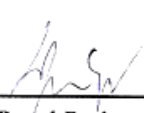
SVOBODA, J.: *Magnetic Techniques for the Treatment of Materials*. Dordrecht, 2004, ISBN 1-4020-2038-4.

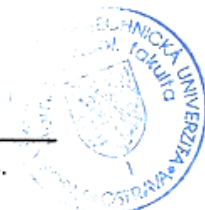
Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jiří Botula, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2010

Datum odevzdání: 30.04.2011

  
prof. Ing. Pavel Prokop, CSc.  
vedoucí institutu



  
prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.  
děkan fakulty

*Prohlášení*

- Celou diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracoval (a) samostatně a uvedl (a) jsem všechny použité podklady a literaturu.
- Byl (a) jsem byl seznámen(a) s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Souhlasím s tím, že diplomová práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Mostě 20. 04. 2011

Bc. Peterka František



### **Summary**

In my thesis, I describe possibility of using garnetiferous ore from locality Měděnec. Particular attention is given to geological and mineralogical characteristics of interest area. I also discuss garnet characteristic, applications and mine technology. At the end of my thesis I describe the results of using garnetiferous ore.

**Keywords:** Garnetiferous ore, geological analysis, mineralogical analysis.

### **Anotace**

V mojí diplomové práci popisuji možnost využití granátonosných svorů z lokality Měděnec. V první části je podrobný důraz kladen na geologickou a mineralogickou charakteristiku zájmové oblasti. Následně pojednávám o laboratorním výzkumu, analýze a dobývání granátonosné suroviny. Na závěr práce zařazuji výsledky a možnosti využití granátonosných svorů.

**Klíčová slova:** Granátonosný svor, geologická analýza, mineralogická analýza.

## Obsah

Úvod.....	3
1. Geologická a mineralogická charakteristika zájmové oblasti .....	4
1.1. Historie těžby a zpracování suroviny na lokalitě Měděnec .....	5
2. Granáty, jejich charakteristika, použití a technologie získávání .....	10
3. Experimentální část .....	14
3.1. Odběr vzorků granátonosné suroviny .....	14
3.2. Charakteristika vzorku granátonosné suroviny.....	14
3.2.1. Křemen.....	14
3.2.2. Světlá slída-Muskovit.....	15
3.2.3. Granát – Almandin.....	16
3.2.4. Chlorit hydratovaný Fe - Mg fylosilikát .....	17
4. Úprava granátonosné suroviny .....	19
4.1. Pneumatická separace .....	19
4.2. Magnetické rozdělování .....	21
Dílčí závěr 1 .....	24
Dílčí závěr 2 .....	27
Závěr .....	29
Obrázkové přílohy .....	30
Použitá literatura .....	36
Seznam obrázků .....	37
Seznam tabulek .....	39

### **Seznam použitých zkratek**

- **LP** – lehký produkt
- **MP** – mezi produkt
- **TP** – těžký produkt
- **NM** – nemagnetický produkt
- **MM** – magnetický produkt

## Úvod

Nerostné bohatství je vstupní surovinou každého národního hospodářství. Jejich využití je ve všech odvětvích průmyslu, výroby, obchodu i spotřeby apod. Hospodářská politika ČR, řešící rozvoj těžby nerostných surovin v krátkodobém i dlouhodobém horizontu, počítá mimo jiné i s ekonomicky výhodným využíváním domácích zdrojů surovin, které umožňuje omezit závislost na dovozu zahraničních surovin. Udržet přiměřenou míru národního zacházení s domácími surovinovými zdroji a to znamená i podporu únosné těžby domácích nerostných surovin – vzácných kovů, minerálů, uhlí apod. Neméně důležité je přihlédnutí na sociální aspekty a udržení zaměstnanosti v těžebních regionech, na schopnost zahlazovat následky těžby a s ohledem na pravidla Evropské unie o státní pomoci. To vše má v současné době za následek důslednější zpracování a využívání surovin, tendence se vrátit k již vytěženým ložiskům, lokalitám a za pomoci moderních technologií tyto suroviny ještě lépe využít, zpracovat a zhodnotit.



## 1. Geologická a mineralogická charakteristika zájmové oblasti

Rudní revír v okolí Měděnce se rozkládá v severozápadní části chomutovského okresu ve vrcholové části Krušných hor, které se zde zvedají do výšky téměř 1 000 m. n. m. Vedle krevelových žil a magnetitu ve skarnech zde byly dobývány žíly se stříbrnosným galenitem a později i žíly s polymetalickou rudní výplní, které se příliš nelišily od žil jáchymovských. Pravděpodobně již od samého počátku dobývání železných rud v Krušných horách byly známy dva základní typy železnorudných ložisek, a to jednak žíly, jednak "rudní lože". Toto klasické rozdělení má svojí platnost dodnes. Železnorudné žíly obsahují kromě své rudní složky, hematitu, také křemen, místy oxidické rudy manganu, fluorit a pyrit. Prostupují pod strmým úklonem ortoruly, migmatity a ruly a mají nepravidelnou, většinou malou mocnost. Železnorudná lože jsou magnetitem nebo magnetitem a hematitem (martitem) bohaté partie skarnů, tj. metamorfovaných hornin tvořených pyroxeny, granáty, amfiboly, v menší míře epidotem, karbonátem, křemenem, chloritem a jinými nerosty. Na počátku hornické činnosti, charakterizované jednoduchými formami a malým rozsahem dobývání, konkurovaly doly založené na hematitokřemenných žilách dolům dobývajícím magnetitová tělesa. V pozdějším období, hlavně v závěrečných fázích rozvoje železářství v Krušných horách, však druhý typ ložisek má již zcela rozhodující význam. Obnovený průzkum ve střední části Krušných hor započal v roce 1954 bývalý Severočeský rudný průzkum Teplice se zaměřením na fluorit a baryt. Po zmapování širšího území, zahrnujícího i část pásma známých ložisek železných rud a laboratorním studiu v terénu odebraných vzorků, byl na podzim roku 1955 zahájen rozsáhlý magnetometrický průzkum, který prováděla řada specializovaných organizací (bývalý ÚÚG Praha, GP Praha, ÚVR Praha a ÚGF Brno).

Magnetometrická měření trvala s přestávkami do roku 1966, kdy byla přerušena. Celkem bylo naměřeno 257 geomagnetických anomálií, z nichž některé byly interpretovány jako skrytá magnetitová ložiska. Tyto ložiskové anomálie byly postupně ověřovány povrchovými vrty, které poskytly nezbytné informace pro výpočty zásob železné rudy. V uvedeném období byla takto objevena nová, dosud neznámá skrytá ložiska magnetitu ve skarnech: Měděnec - sever, Měděnec - východ, Měděnec. Bezprostředně po

ukončení vrtného průzkumu byla nejnadějnější Fe ložiska otevírána báňským způsobem v rámci podrobného průzkumu.<sup>1</sup>

### **1.1. Historie těžby a zpracování suroviny na lokalitě Měděnec**

O výstavbě nového důlního závodu Měděnec (*Obrázek č. 1 a 2*) v Krušných horách bylo rozhodnuto bývalým ministerstvem hutního průmyslu a rudných dolů (MHD) dne 5. prosince 1958. Důl Měděnec, který se stal jedním ze šesti základních závodů tehdejšího n.p. Železnorudné doly a hrudkovny Ejpovice (ŽDH), byl vybudován k centrálnímu vytěžení magnetitové rudy z lokalit Měděnec a Přisečnice s možností pozdějšího napojení na těžbu ložisek Orpus a Kovářská. Stavební práce byly zahájeny v roce 1960 a formálně zastaveny k 31. prosinci 1968, třebaže některé objekty zůstaly nehotovy. Jejich dokončování se provádělo z podnikových prostředků n. p. ŽDH Ejpovice. Původně projektovaná kapacita závodu měla dosahovat 200 tis. tun vytěžené rubaniny ročně. Toto množství mělo být zpracováno v úpravně závodu postupem založeným na nízkointenzitní magnetické separaci podrcené a rozemleté suroviny.

Podle této koncepce výroby se předpokládaly tyto druhy výrobků:

1. Hrubý (tzv. kondiční) koncentrát s obsahem 63 % Fe pro aglomeraci jako vysokopecní vsázka,
2. superkoncentrát s obsahem 69,7 % Fe pro výrobu katalyzátoru, pro syntézu čpavku, pro výrobu elektrod, popřípadě po úpravě jako náhrada zkujňovací rudy,
3. meziprodukt s obsahem Fe 27-30 % jako vsázka pro hrudkovny,
4. odpady ze suché magnetické separace (zrno cca 25 mm) pro stavební účely jako kamenivo (štěrk).

Během výstavby závodu bylo usnesením vlády Č. 697 ze dne 14. srpna 1963 uloženo n. p. ŽDH Ejpovice zajistit výrobu magnetitových zatěžkáadel pro uhelné doly. Z tohoto důvodu byl původní investiční úkol přepracováván a doplněn o výrobu těchto zatěžkáadel. Podle změněného sortimentu měl závod Měděnec vyrábět ročně přibližně 50

---

<sup>1</sup> ŠAFAŘÍK, Jiří; STÝBLO, Waldemar; PRCHAL, Jan. Měděnec : Dobývání a úprava železné rudy v přisečnicko-měděneckém rudním revíru. In . *Měděnec : Stručná historie a perspektivy hornické a geologické činnosti*. Měděnec : Nadace Georgia Agricolu, 1993. s. 26.

tis. tun kondičního koncentrátu, nebo 45 tis. tun superkoncentrátu a 35 tis. tun magnetitových zatěžkáadel. Celkový výkon technologického zařízení byl zvýšen na 240 tis. tun vsázky ročně, ovšem s tím, že se do Měděnce bude dovážet 40 tis. tun rudy z lokality Vlastějovice. Likvidací této lokality, nacházející se na Českomoravské vrchovině, v roce 1965 tento záměr odpadl. Stejně tak bylo upuštěno od výroby meziprojektu vzhledem k postupnému zastavování provozu hrdkoven v letech 1964-1967.

Závod Měděnec zahájil výrobu dne 17. května 1968. Současně s těžbou a výrobou probíhaly rekonstrukce a dokončovací práce nově vybudovaného technologického zařízení, na kterém vznikla v záběhovém provozu řada vážných poruch. Vlivem těchto poruch nemohlo být dodáváno potřebné množství zatěžkáadel pro uhelné úpravní v OKR, a proto odběratel ustoupil od svých požadavků, a tím celá výroba kondičního Fe koncentrátu sloužila jako vysokopeční vsázka. Dne 10. července 1969 byl závod Měděnec zrušen a organizačně začleněn jako provoz pod závod Krušná Hora v rámci n. p. Rudné a nerudné doly (RND) Ejpovice, který dnem 20. října 1967 nahradil bývalé ŽDH n. p. Ejpovice. Toto začlenění dolu Měděnec však trvalo pouze do konce roku 1973. Od 1. ledna 1974 byl provoz Měděnec vyčleněn z organizační podřízenosti závodu Krušná Hora a zřízen závod Měděnec jako samostatná výrobní jednotka n. p. RND Ejpovice. Organizační postavení závodu si důl Měděnec zachoval i po jeho delimitaci k n. p. Rudné doly Příbram, která se uskutečnila (z důvodů sdružování výrob s podobnou činností) dne 1. ledna 1977.

Závod Měděnec za 24 let své těžební činnosti (přesně od 17. 05. 1968 do 31. 07. 1992, tj. 290 měsíců a 16 dnů) vytěžil celkem 2672 tis. tun rubaniny o průměrné těžené kovnatosti 35,07 % Fe celkového, což představuje 937 tis. tun kovu Fe. Maximálního ročního množství vytěžené rubaniny, 141 tis. tun, bylo dosaženo roce 1977, průměrná roční těžba rubaniny se však pohybuje kolem 110 tis. tun. Vytěžená surovina pochází z ložisek Měděnec (85 %) a Přísečnice 15 %).

Těžená ruda byla až do roku 1981 zpracovávána pouze na kondiční Fe koncentrát (využívaný jako surovina k výrobě surového železa nebo jako zatěžkáadlo pro uhelné úpravní) a šterk. Od uvedeného roku byl však sortiment výroby významně rozšířen. Od roku 1981 je vyráběna zásypová hmota pro n. p. SONP Kladno, od roku 1982 měděný koncentrát s ekonomicky zajímavými obsahy stříbra a od roku 1988 magnetitové drtě pro těžké stínící betony konstrukcí jaderných reaktorů budované elektrárny Temelín. Celkem

bylo vyrobeno 975 tis. tun koncentráту železa v průměrné kvalitě 66,7 % Fe celk., což představuje 650 tis. tun kovu. Největší roční množství, 58 tis. tun Fe koncentrátu, bylo vyrobeno v roce 1979, od té doby produkce postupně klesala až na 35 tis. tun v roce 1991 a 24 tis. tun v konečném roce 1992. Na rozdíl od množství měla kvalita koncentrátů stoupající tendenci, přičemž nejvyšší průměrná roční kvalita Fe koncentrátu (68,79 % Fe) byla dosažena v roce 1988.

Měděný koncentrát byl vyráběn z magnetitové rudy obsahující doprovodný chalkopyrit (+ pyrit) od ledna 1982 do konce roku 1990, tzn. 9 let. Za tuto dobu bylo vyrobeno 1 720 tun měděného koncentrátu o průměrném obsahu 18,78 % Cu a 469 g/t Ag, což představuje 323 tun mědi a 807 kg stříbra. Započitatelný obsah stříbra z koncentrátu (obsah snížený o 30 g/t) je 439 g/t, což znamená produkci 752 kg stříbra, které bylo závodu proplaceno odběratelem (Kovohutěmi Krompachy).

Výroba zásypové hmoty pro SONP n. p. Kladno (jedná se o jemně drcený skarn s magnetitem) má jen o dva roky delší trvání než zpracovávání doprovodných sulfidů Cu+Ag. Od počátku roku 1981 do konce roku 1991, tzn. za jedenáct let, bylo této hmoty vyrobeno 16100 tun o kovnatosti 31,0 % Fe celk. Průměrná roční výroba, v závislosti na požadavcích odběratele, se pohybovala kolem 1 500 tun. Poměrně krátkou dobu, posledních 5 let provozu dolu (od roku 1988 do července roku 1992), zpracovával závod Měděnec část nejvyšší kvality železné rudy na speciální magnetitové drtě pro výrobu tzv. "těžkých betonů". Jediným odběratelem této suroviny byl podnik Výstavba jaderné elektrárny Temelín, který jí za dané období odebral 11 300 tun s průměrným obsahem 47,8 % Fe celkem. Ke komplexnějšímu zhodnocení nerostné suroviny přispěla i produkce 852 tis. tun šterku odebíraného mnoha organizacemi pro stavební účely.

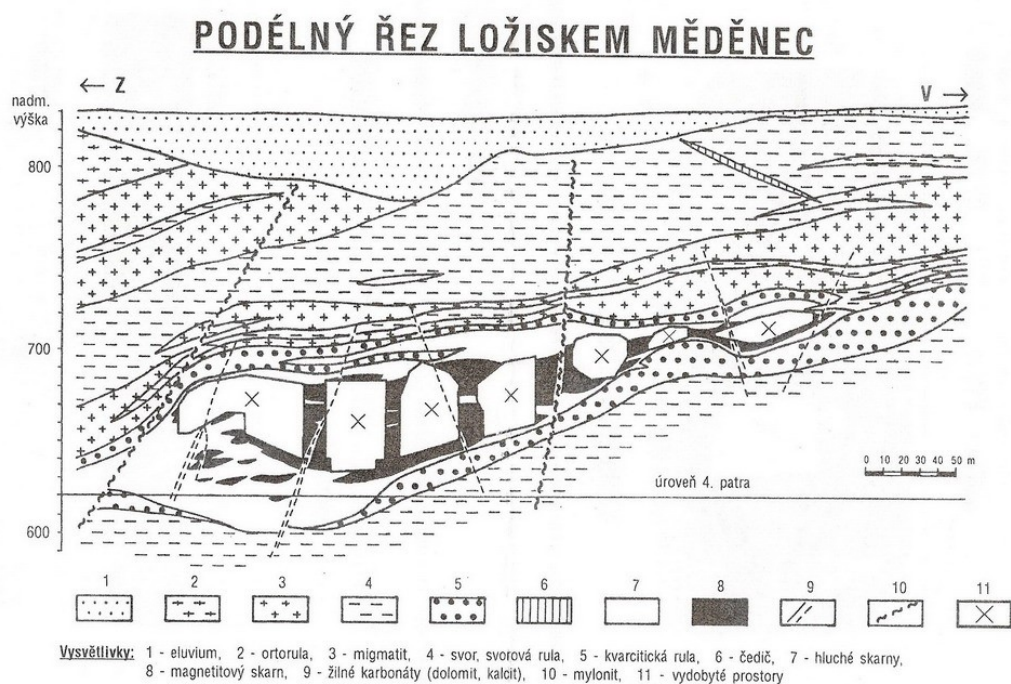
Snahy pracovníků závodu Měděnec o efektivnější využití zdrojů nerostných surovin a rozšíření sortimentu výroby měly však ještě širší záběr. Od roku 1985 byly dále zpracovávány nízkotavitelné strusky z n. p. VTŽ Chomutov, ze kterých byl získáván plnohodnotný Fe produkt použitelný jako zatěžkávací v těžkosuspenzních prádlech dolů a úpraven uhlí v Komořanech. Rovněž byly činěny pokusy se získáváním železných podílů z odpadových popílků tepelných elektráren v Pruněřově a loužence z niklové huti Sereď. Za specifickou součást výroby lze považovat i geologicko-průzkumné práce hrazené z oborového fondu bývalého GR Rudné baně a magnezitové závody Bratislava nebo ze

státního rozpočtu, které závod Měděnec dodavatelsky prováděl. Průměrný roční objem těchto prací za posledních 10 let dosahoval 2 mil. Kčs. Výroba magnetitového koncentráту v Měděnci kryla jen nepatrnou část celkové československé spotřeby železných rud (0,25-0,3 %) a rovněž podíl na domácí produkci byl nízký (5,2 % upravených surovin - Fe koncentrátů nebo 7 % kovu v surovinách vzhledem k vyššímu obsahu Fe v koncentráту z Měděnce). Z hlediska kvality však koncentrát z Měděnce představuje špičkovou surovinu, která je rovnocenným ekvivalentem prachových Fe rud dovážených ze světa (Brazílie, Venezuela, Švédsko). Dovážené zahraniční rudy se naopak nemohou po stránce obsahu Fe (a SiO<sub>2</sub>) s měděneckým koncentrátem srovnávat. Porovnáme-li roční produkci měděneckého koncentrátu (např. za rok 1987) se stejným druhem Fe rud, tzn. s rudami prachovými, stejné nebo vyšší kvality, potom produkce Měděnce (40 tis. tun) představuje v těchto kvalitních rudách podíl 29 %. Lepší byly pouze koncentráty švédské.

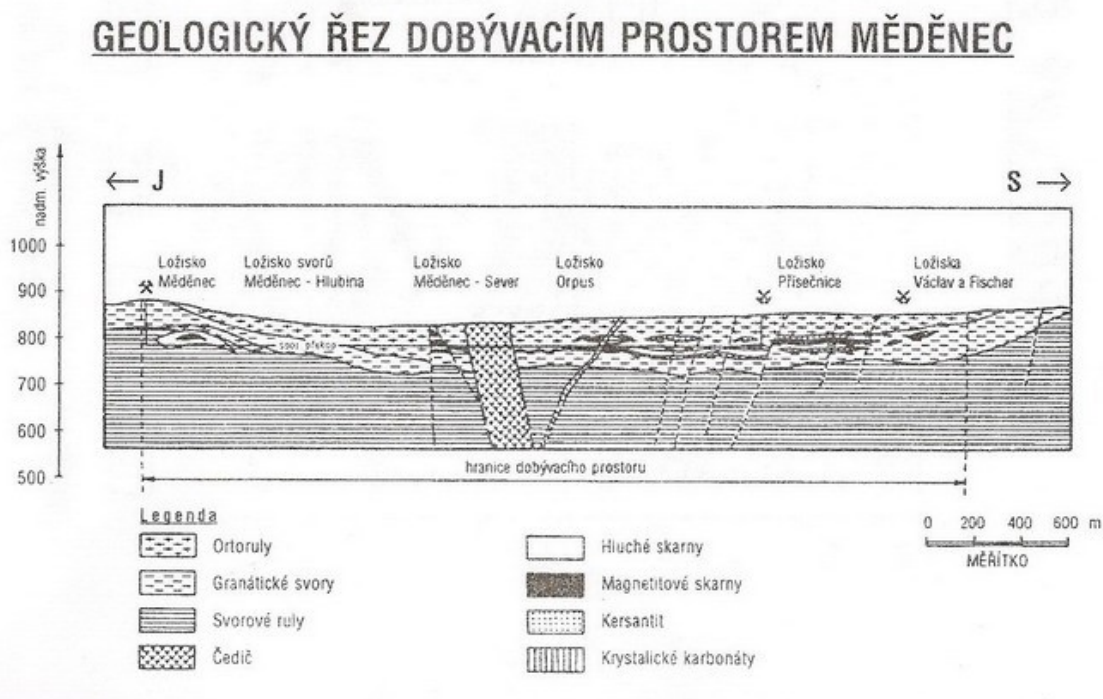
Příčinou ukončení těžby železné rudy na dole Měděnec nebyla neefektivnost těžby a úpravy rudy, nýbrž vyčerpání zásob otevřených ložisek (Měděnec a Přísečnice) v dobývacím prostoru. Závod ukončil těžbu v posledním měsíci, tzn. červenci 1992, ve výši 4400 tun, (což odpovídá roční kapacitě 53 tis. tun). Vybraný pracovní tým byl postaven před úkol navrhnout nový výrobní program, realizovatelný a životaschopný v nových ekonomických podmínkách, přičemž bylo nutno respektovat dané limitující faktory, především strukturu pracovního kolektivu (techniků i dělníků), účelově vybudování a vybavený objekt závodu a jeho umístění v Krušných horách v ochranném vodohospodářském pásmu a jiné. V těchto podmínkách bylo jasné, že nejlepší cestou bude opět práce s nerostnými surovinami, třeba i v jiné formě. Proto všechny ověřované náměty směřovaly do této oblasti. Zkoušelo se například využití dolomitických vápenců v zemědělství, jako tzv. půdních fritů (hnojivo obohacující půdu řadu let o důležité stopové prvky), hledala se ložiska kamene vhodná k otvírce lomu, testovaly se okolní horniny (ortoruly, skarny i křemenné hmoty), jsou-li vhodné k broušení a leštění pro výrobu obkladových a dekoračních materiálů.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> ŠAFAŘÍK, Jiří; STÝBLO, Waldemar; PRCHAL, Jan. Měděnec : Dobývání a úprava železné rudy v přísečnicko-měděneckém rudním revíru. In . *Měděnec : Stručná historie a perspektivy hornické a geologické činnosti*. Měděnec : Nadace Georgia Agricoly, 1993. s. 26.



Obrázek 1, Podélný řez ložiskem Měděnec



Obrázek 2, Geologický řez dobývacím prostorem Měděnec

## 2. Granáty, jejich charakteristika, použití a technologie získávání

Mnohé drahé kameny nabízejí v dnešní době velké možnosti jako speciální technické materiály. Praktický význam spočívá především v jejich mimořádných vlastnostech. V mnoha případech skutečně platí, že ty vlastnosti, které z nerostu učinily drahý kámen, umožňují také jeho technické využití. Význam drahých kamenů, i když jen v obecné kvalitě, je nemalý. Vlastností řady nerostů se úspěšně používá v moderní technice. Můžeme jmenovat přírodní diamanty používané pro broušení, leštění nebo k výrobě břitů obráběcích nástrojů, nebo olivíny jako hlavní složku některých hořčnatých žáruvzdorných materiálů.

Rovněž granáty mají průmyslový význam. Pro svou tvrdost, způsob lomu a charakteristickou křehkost jsou vhodným brusivem pro některé operace. Významné je i to, že mají stejné fyzikální vlastnosti ve všech směrech a nejsou štěpné. Během drcení se lámou na ostrohranné úlomky až střepy. K takovému drcení dochází i během broušení, což označuje jako samoostření brusných břitů. Má to velký význam při opracovávání povrchu měkkých a středně tvrdých materiálů (hlavně dřeva, skla a umělých hmot). Během brusného obrábění povrchu nedochází k přehřívání a "spálení".

Granátová drť se používá buď pro volné broušení, nebo se z ní vyrábějí brusné kotouče s bakelitovou a pryskyřičnou vazbou, brusná plátna a papíry. Z jemně drcených granátů se vyrábějí lapovací a leštící pasty. Lapování je jemná povrchová úprava, označovaná někdy též jako hlazení. Při obrábění kovů, např. opracování vnitřní části válců výbušných motorů, bývá lapování konečnou operací. Volné brusivo se nejčastěji používá pro opracování umělých hmot, brusné kotouče pro sklo, dřevo a umělé hmoty, brusná plátna a papíry hlavně pro dokončování povrchu nábytkářských výrobků a konečně lapovací a leštící pasty mají význam při opracování povrchů zrcadlových skel a speciálních čoček pro optické přístroje počínaje fotoaparáty a konče dalekohledy a mikroskopy.

Granátová zrna jsou vhodná pro otryskávání, jsou zhruba třikrát až čtyřikrát účinnější než křemenný písek. Otryskávání je vlastně specifickou brusnou operací. Tryskou jsou granátová zrna pod velkým tlakem vzduchu vrhána proti obráběnému předmětu. Tímto způsobem se matuje sklo, upravují keramické a plechové povrchy, nebo kovové odlitky, ale lze jím vytvarovat i plastické objekty ze skla, keramiky, nebo přírodního kamene. Otryskávání bylo původem metody dělení materiálů (kovových i

nekovových) abrazivním vysokotlakým vodním paprskem. Granátové brusivo je hnáno pod vysokým tlakem vodou proti materiálu, který chceme rozdělit. Proud vody s brusivem jej velice rychle a zároveň i velmi přesně rozřízne. Jde o progresivní metodu, jejíž využití se postupně zvyšuje. Větší granátová drť se uplatňuje při protismykové úpravě povrchu přechodů na živičných vozovkách, nebo se s úspěchem používá ke zpevnění svrchní vrstvy dlaždic a schodů u silně frekventovaných prostor, jako jsou obchodní domy, kina, haly divadel, nádraží a letištní prostory. S takovýmto využitím granátové suroviny se setkáváme hlavně v severských evropských zemích a ve Spojených státech amerických.

Granáty se také uplatňují jako součásti mechanických filtrů vody i řady chemických roztoků. Drcením z nich lze snadno připravit požadovanou zrnitostní skladbu. Hlavní výhodou je mnohem jednodušší recyklace než u křemenného písku. Chceme-li se zbavit organických nečistot, musíme náplň filtru přežíhat, aby se usazené organické látky spálily. Zatímco při vypalování organických nečistot u křemenného písku dochází k praskání zrn a změně zrnitosti, granátové filtrační medium se vůbec nemění. Také objem granátů stačí menší než u písku. Není divu, že se granát uplatňuje zvláště u mobilních filtrů v USA, Japonsku a Austrálii. V Čechách, s výjimkou krátkodobé lomové těžby granátovců ze skarnu u Pernštejna, pomíjíme-li ovšem dobývání šperkových pyropů v Českém středohoří, se granáty pro průmyslové využití dosud netěžily. Pokud se granátové brusivo ve sklářství, nebo nábytkářském průmyslu používá, pochází z dovozu. Přitom náš výrobce brusných nástrojů, Spojené závody na výrobu karborunda a elektritu v Benátkách nad Jizerou ověřoval v r. 1966-67 brusné vlastnosti granátických skarnů od Kutné Hory i dalších míst s kladným výsledkem. K průmyslovému využití této granátové suroviny tehdy nedošlo pro technologické problémy při výrobě brusných plátů a papírů.

Nejznámější naleziště jsou v Českém středohoří a v Podkrkonoší. Sběr šperkových granátů se soustřeďoval hlavně na větší kameny, Při těžbě ale vždy zůstávaly v koncentrátu i nějaké drobné kameny. Musela se řešit otázka jejich využití, protože ne všechny bylo možné brousit. Část se obrušovala, hladila a leštila v tamblerech (tromlech), což byly vlastně pomalu se otáčející dřevěné válce naplněné drobnými granáty a nejprve brusnou, potom jemnější hladící a nakonec leštící látkou, rozmíchanou ve vodě. Po několika týdnech otáčení bubnů se vyleštěné kameny vyndaly, provrtaly, a bylo je možno použít pro zdobné účely, ať již k přímému našívání na kroje, nebo k navlékání do levnějších šňůr. Ale ani pro tamberování nelze použít nejmenší vytěžené granáty. Dnes už se to nevidí, ale ještě ve



třicátých a čtyřicátých letech se jazýčkové váhy vyvažovaly v lékárnách i jinde drobnými granáty, tzv. "vermailem" zcela běžně. Několikrát byly drobné české granáty vyvezeny do Švýcarska. Byly z nich vybroušeny kotvové a břitové kameny do hodinek a chronometrů. Dnes už, vzhledem k nové technologii výroby hodinek, nemá podobné použití význam. Zajímavé pokusy proběhly před lety ve sklárnách ve Škrdlovicích na Moravě a Chříbské v Podkrušnohoří. Jemná granátová zrna se zatavovala (nabalovala) do skla. Jednalo se o návrh, I. Turnovce a J.Žertové na využití drobných granátových zrn. Vycházelo se z toho, že pyrop je ze všech granátů nejstabilnější. Bez mechanického porušení snesou zrna tepelné šoky do 1 070° C. Teplota skloviny většinou nedosahuje ani 1 000° C. Granátová zrna byla do skla zapracována tím způsobem, že se nabrala na sklářskou píšťalu sklovina (jádro), na to se dala granátová zrna a na ně další vrstva skloviny. Ve výsledku dochází k efektnímu optickému zvětšování zrn. Kolem zatavených zrn jsou někdy rovnoměrně rozložené bublinky. Ty však nevadí konečnému vzhledu. Nepěkně působí větší nerovnoměrně dispergované bubliny, vznikající většinou rozkladem doprovodných složek (zirkon, aragonit apod.). Granátová surovina se proto musí před zatavováním pečlivě vyčistit. Odstranit doprovodné složky je zatím možné pouze velmi pracným ručním vybíráním. Před vlastním zatavováním je vhodné pyropová zrna zahřát na teplotu kolem 500° C. Ukázalo se, že granáty lze bez nebezpečí zatavovat i do tenkostěnné skloviny tak, že z jejího povrchu částečně vystupují. Výtvarnice Jiřina Žertová vytvořila v sedmdesátých letech několik kolekcí se zatavenými granáty. Velice hezkou soupravu se zatavenými granáty vytvořil i ing. Josef Starosta ve sklárně Chříbská. V posledních letech používá této metody výtvarnice Zdena Laštovičková ve Střední průmyslové škole sklářské v Železném Brodě při výrobě autorských šperků.

Jemné granátové podíly nepoužitelné pro šperkovou výrobu byly na Vysoké škole chemicko-technologické v Praze prověřeny jako brusný materiál pro velmi kvalitní brusná plátna, papíry a pro brusné a lapovací pasty. Problém technického využití se jevil v relativně malém množství drobných pyropů. Již během průzkumných prací v Českém středohoří v letech 1974-75 bylo uvažováno o získávání jemných granátových podílů, které se zatím dostávají do odpadů v podobě úpravnických kalů. Při úvaze o získávání granátů od velikosti 1 mm do 2mm, se ukázalo, že je jich v těžených granátonosných šterkopiscích 1800 kg na každých 1000 kg získaných zrn větších než 2 mm. Pokud by se hranice posunula na 0,5 mm znamenalo by to dokonce 5200 kg jemných granátů. Výroba brusných

pláten a papírů by sice nemohla být zajištěna ani tímto množstvím, ale na výrobu brusných a lapovacích past by již bylo suroviny dost.

Snahou o zušlechťování nerudných minerálů (hlavně granátu) měděneckého skarnu je testování granáticko-muskovitických svorů jako suroviny pro výrobu průmyslového granátu a světlé slídy. Okolí Měděnce by mělo být předmětem hlubinné těžby granát-muskovitického svoru, případně muskovitického svoru. Tato hornina obsahuje 40-60 % slídy (muskovitu), 30-40 % křemene, 3-13 % granátu (almandinu), příměsi živce, chloritu, hematitu. Základní technologické schéma by mělo obsahovat tyto úpravářenské procesy: pneumatické třídění, vysokointenzivní magnetické separace, gravitační třídění na splavech, suché a mokré mletí, ostré třídění produktů a případné další finální úpravy (povrchová modifikace slídy, teplotní úprava granátu a flotace). Úpravna by měla být projektována tak, aby vedle vlastních těžených surovin mohla zpracovávat dodavatelským způsobem řadu dalších surovin např. z těžby malých ložisek pro jiné podnikatelské subjekty, nebo formou finalizace meziproduktů jiných výrob apod. Granát v různých zrnitostech od 1 mm až po mikronizovaný (-10  $\mu\text{m}$ ). Dalším produktem by mohl být čistý drcený křemen rovněž v řadě frakcí pod 1 mm. Využitelné budou rovněž „odpadní“ křemeno-živcové, či slídnato-živcové písky.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> TURNOVEC, Ivan. Granáty - průmyslová surovina. In [online]. [s.l.] : [s.n.], 2008 [cit. 2011-02-25]. Dostupné z WWW: <<http://gemologie.turnovec.cz/2008/12/07/granaty-prumyslova-surovina>>.

### 3. Experimentální část

#### 3.1. Odběr vzorků granátonosné suroviny

Odběr vzorku granátonosné suroviny probíhal počátkem prosince 2010, kdy v zájmové oblasti klesly teploty na  $-5^{\circ}\text{C}$  a sněhová vrstva dosahovala mocnosti 0,7 m. Z tohoto titulu byl zisk suroviny poměrně obtížný, vše za účasti specialistů - lezců pro podzemní prostory z Hlavní báňské záchranné stanice Most. Místem odběru byly prostory bývalého zásobníku dolu Měděnec, kde zůstaly vzorky poslední těžené suroviny z roku 1992. Odebrané množství dosahovalo hmotnosti cca. 40 kg.

#### 3.2. Charakteristika vzorku granátonosné suroviny

Odebraný vzorek byl v celém objemu podrcen na laboratorním čelistovém drtiči RETSCH. Po provedené kvartaci byl odebrán reprezentativní vzorek suroviny a podroben mineralogické analýze metodou RTG difrakce. Provedená analýza ukázala následující výsledky: křemen  $\text{SiO}_2$  (42,00 +/- 3 %), muskovit  $\text{KAl}_2(\text{OH},\text{F})_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}$  (41,4 +/- 3,6 %), almandin  $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$  (9,16 +/- 1,62 %) , chlorit hydratovaný Fe - Mg fylosilikát (7,5 +/- 1,56 %).

##### 3.2.1. Křemen

Patří do skupiny oxidů a hydroxidů (*Obrázek č. 3*), jeho soustava je trigonální. Složení –  $\text{SiO}_2$ . Mezi odrůdy patří: křišťál, ametyst, záhněda, růženín, morion a chalcedon. Charakteristická barva je čirá, bílá, růžová, fialová, nebo hnědá. Čirý křemen se nazývá křišťál. Růžová varieta křemene - růženín, je znám z píseckých pegmatitů. Růženín krystaluje jen velmi vzácně. Fialovou odrůdu křemene nazýváme ametyst. Hnědá odrůda křemene se označuje jako záhněda. Krásné krystaly záhnědy velké až několik desítek centimetrů. Skrytě krystalickou odrůdu křemene (makroskopicky vypadá jako amorfni) označujeme jako chalcedon. Chalcedon vytváří krápníkovité agregáty. Křemen bílé nebo šedavé barvy označujeme jako obecný a setkáme se s ním prakticky na všech nalezištích. Vryp je u křemene bílý a jeho propustnost je průhledná až průsvitná. Jeho lom je lasturnatý. Jeho tvar je tvořen prizmatickými krystaly se skelným leskem. Tvrdost křemene je 7 a hustotu má  $2,65\text{ g/cm}^3$ . Při zkouškách v kyselinách se nerozpouští. Jeho výskyt je hojný, především pak v pegmatitech a křemenných žilách, hydrotermálních žilách, v tzv. alpské paragenezi. Křemen je vůbec nejrozšířenějším minerálem a známe jej v mnoha

různých odrůdách a varietách. Velmi často krystaluje v úhledných šestibokých prizmatických krystalech a drúzách a proto je oblíbeným minerálem sběratelů.<sup>4</sup>



Obrázek 3, Křemen

### 3.2.2. Světlá slída-Muskovit

Je začleněn do skupiny fylosilikátů (*Obrázek č. 4*) a jeho soustava je jednoklonná. Složení muskovitu je  $\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$ . Barevné zastoupení je bílé, nazelenalé, zelené i šedé. Vryp je charakteristicky bílý. Štěpnost je dokonalá, lom však bývá nerovný a lesk je skelný až perleťový. Svým tvarem tvoří lupenité až tabulkovité krystaly a šupinaté agregáty. Tvrdost není velká 2 - 2,5 a hustota je 2,7 - 2,8 g/cm<sup>3</sup>. Při zkouškách se nerozpouští v kyselinách. Výskyt je hojný a je hlavní součástí mnoha hornin. Muskovit neboli „světlá“ slída, patří mezi nejrozšířenější minerály. Setkáme se s ní především v žulách a v pegmatitech, kde vytváří lupenité, často pseudohexagonální, krystaly velké až několik decimetrů čtverečních. Vyskytuje se však i v krystalických břidlicích, svorech a dalších horninách. Stejně jako ostatní slídy muskovit vyniká dokonalou štěpností podle spodové plochy. Název muskovit je odvozen od názvu města Moskvy. Celistvá odrůda muskovitu se nazývá sericit. V průmyslu se muskovit používá na průzory varných kotlů a

---

<sup>4</sup> Křemen. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, [cit. 2011-04-25]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/K%C5%99emen>>.

kamen nebo na ochranné brýle pro práci u pecí. Je totiž v podstatě žáruvzdorný, neboť taje až při teplotě 1400°C.<sup>5</sup>



Obrázek 4, Světlá slída - Muskovit

### 3.2.3. Granát – Almandin

Patří do skupiny nesilikátů (Obrázek č. 5) a soustavu má krychlovou. Jeho složení je  $X_3Z_2[SiO_4]_3$  a nejčastější druhy jsou Almandin –  $Fe^{2+3}Al_2[SiO_4]_3$ , Pyrop –  $Mg_3Al_2[SiO_4]_3$  a Andradit –  $Ca_3Fe^{3+2}[SiO_4]_3$ . Barva bývá různá, dle odrůdy. Vryp je bílý nebo s nádechem podle zabarvení odrůdy a propustnost průsvitná až neprůsvitná. Štěpí se velmi dokonale podle  $\{110\}$  s lomem nerovným, lasturnatým, tříštivým a leskem skelným, matným a hedvábným. Tvar tvoří - rombododekaedry a hexaoktoedry. Tvrdost je poměrně vysoká 6,5–7,5, s hustotou 3,4–4,6 g/cm<sup>3</sup>. Při zkouškách v kyselinách je nerozpustný, s výjimkou andraditu. Nejvzácnější jsou pyropy s efektem změny barvy jako u alexandritu, na denním a umělém osvětlení, velmi drahé jsou smaragdově zelené tsavority z Tanzanie, démantoidy z Ruska, levnější jsou oranžové spessartiny, vyhledávaný je rodolit, rhodolith granát, směs pyropu a almandinu, nádherné malinové barvy. Indové a Římané - druh grosuláru, oranžový až medový hesonit, kámen gomedha, gomeda. Almandin fialové a

---

<sup>5</sup> Muskovit. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, [cit. 2011-04-25]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Muskovit>>.

pyrop jiskřivě červené barvy jsou klasické kameny. Výjimečnost mezi pyropy si české granáty udržují dodnes pro svoji barvu.<sup>6</sup>



Obrázek 5, Granát.

### 3.2.4. Chlorit hydratovaný Fe - Mg fylosilikát

Patří do skupiny trojvrstevných fylosilikátů (Obrázek č. 6), jeho soustava je monoclinická, krystalická. Složení – Mg-chlorit má 0 – 20 mol.% Fe (pennin, klinochlor), Mg-Fe<sup>+2</sup> chlorit má 20 – 40 mol.% Fe (Mg-ripidolit), Fe<sup>+2</sup>-Mg chlorit má 40 – 60 mol.% Fe (Fe ripidolit), Fe<sup>+2</sup> chlorit má nad 60 mol.% Fe (brunsvigit). K nejčastějším druhům patří – klinochlor  $(\text{Mg,Fe})_5\text{Al}(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$ , a chamosit  $(\text{Fe}^{2+},\text{Mg,Fe}^{3+})_5\text{Al}(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH},\text{O})_8$ . Barevné podání je od různých odstínů zelené s dobře zřetelným pleochroismem, rovnoběžně se štěpností (001) jsou to zelené odstíny, kolmo na tuto štěpnost žluté odstíny, až po odrůdy s nízkým obsahem železa mohou být bezbarvé a bez pleochroismu. Štěpnost je pak dokonalá, se skelným nebo perleťovým leskem. Tvrdost 1,5 – 2,5 a hustota 2.6 - 3.3 g/cm<sup>3</sup>. Chlority jsou zastoupeny hlavně v regionálně metamorfovaných horninách facie zelených břidlic (chloritické břidlice,

---

<sup>6</sup> Granát (miner%C3%A1l). In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, [cit. 2011-04-25]. Dostupné z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Gran%C3%A1t\\_\(miner%C3%A1l\)](http://cs.wikipedia.org/wiki/Gran%C3%A1t_(miner%C3%A1l))>.

fylity, kontaktně metamorfované horniny). Ve výše metamorfovaných horninách vzniká alterací (chloritizace) biotitu, amfibolu nebo granátu. V magmatických horninách tvoří buď sekundární výplň dutin a trhlin, nebo jsou přítomny jako alterační produkty (bazalty, gabra, spility). Běžnou asociaci tvoří s albitem, epidotem a amfibolem. Chlority jsou skupina významných horninotvorných minerálů, hlinitokřemičitanů hlavně hořčíku a železa s vrstevnatou krystalovou strukturou, které obvykle tvoří lupenité, šupinkaté až celistvé agregáty zelené, modrozelené, černozeleň až černé barvy, méně často jsou bílé, šedé či žluté. Jsou typické pro nízce až středně metamorfované horniny, v nichž vznikají přeměnou biotitu, pyroxenů, amfibolitů, granátů, cordieritu aj. Chlority se mohou měnit na jílové minerály, Mg-Fe karbonáty, limonit a křemen. Během progresivní metamorfózy při dostatku draslíku může vznikat biotit nebo amfibol.<sup>7</sup>



Obrázek 6, Chlorit

---

<sup>7</sup> VÁVRA, Václav ; LOSOS, Zdeněk. *Multimediální studijní texty z mineralogie* [online]. 2008 [cit. 2011-04-25]. Skupina chloritů. Dostupné z WWW: <[http://www.sci.muni.cz/mineralogie/kap\\_4\\_3\\_optika/skupina\\_chloritu.htm](http://www.sci.muni.cz/mineralogie/kap_4_3_optika/skupina_chloritu.htm)>.

#### 4. Úprava granátonosné suroviny

Vzorek získaný po kvartaci byl analyzován na zrnitostní složení (*Tabulka č. 1*). Vizuální kontrolou bylo, zjištěno, že zájmový minerál – almandin je obsažen převážně v zrnitostní třídě 0,5-1mm a 1-2 mm. Byla tedy hlavní pozornost věnována těmto frakcím.

**Tabulka 1, Výsledky zrnitostního rozboru**

	Zrnitost frakce (mm)	Hmotnost (g)	Procentuální podíl (%)
1 .	0,0 - 0,5	7 350	18,20
2 .	0,5 - 1,0	5 030	12,50
3 .	1,0 - 2,0	12 875	31,90
4 .	2,0 - 4,0	6 515	16,10
5 .	nad 4,0	8 600	21,30

**Σ celkem 40 370 g 100, 00 %**

Z těchto frakcí bylo následně zpracováno 18 vzorků (*Tabulka č. 2*), které dle zrnitostní skupiny a charakteru prošly pneumatickou separací, magnetickou separací a tříděním na sítích.

##### 4.1.Pneumatická separace

K pneumatické separaci byl použit laboratorní rozduřovací splav TRIPLE-S DYNAMIC, model V 135 E, USA (*Obrázek č. 7*). Zařízení je použitelné ke gravitačnímu rozduřování užitkových surovin s využitím principu „fluidizace“, tzn. rozdělení suchého, zrnitého materiálu ve vzestupném proudu vzduchu, přičemž hlavními dělicími veličinami jsou rozdílná hustota, tvar a velikost zrn jednotlivých složek suroviny. Separace je prováděna na porézní pracovní ploše z kovové tkaniny. Na této ploše dochází působením vzestupného proudu vzduchu (přiváděného ze spodní části přístroje) k rozdělení vrstvy materiálu podle hustoty. Specificky těžší částice (tvořící spodní vrstvu) se pohybují po pracovní ploše a jsou pomocí vibračního pohybu plochy transportovány podélně k výstupnímu konci (dolnímu) pro těžkou frakci. Specificky lehčí částice jsou proudem



vzduchu uvedeny do vzhledu, tvoří vrchní vrstvu fluidního lože a jsou vynášeny na výstupním konci (horním) lehčích částic. Meziprodukt je vynášen uprostřed pracovní plochy. Model V 135- E je navržen speciálně pro laboratorní kontrolu jakosti nebo pro kontinuální výrobní provozy s nízkou kapacitou. Kapacita zařízením pohybuje od 68 kg-226 kg materiálu za hodinu, v závislosti na vlastnostech částic, jako je objemová hmotnost, velikost a tvar částic.

Průběh separace je možno regulovat změnou průtoku vzduchu pracovní plochou, frekvence vibračního pohybu a příčného i podélného sklonu pracovní plochy. Čistotu výsledných produktů a jejich počet je možno měnit pomocí polohovatelných dělicích přepážek. Protože nastavení vhodných provozních parametrů rozdělovače je možno provést pouze metodou pokus-omyl, byly v průběhu separace postupně měněny výše uvedené provozní parametry a vizuálně byl kontrolován průběh rozdělování. (zdroj:Návod k přístroji TRIPLE-S DYNAMIC, model V 135 E, USA)

V tabulce (*Tabulka č. 2*) je u každé pneumatické separace zapsán použitý sklon, stupeň vibrací a proudění vzduchu. Pro všechny hodnoty platí stupnice 0 – 10.



**Obrázek 7, Pneumatický rozdělovač splav, model V 135 E**

## 4.2. Magnetické rozdružování

Magnetická separace probíhala na laboratorním indukčním válečkovém rozdružovači UVR (Obrázek č. 8) s regulovatelnou intenzitou magnetického pole (magnetická indukce 0.1 až 0.85 T). Základní částí separátoru je uzavřený elektromagnetický systém se dvěma póly, mezi nimiž se otáčí indukční válec z magneticky měkkého železa. Tento válec se na základě principu elektromagnetické indukce zmagnetuje. Povrch válce je tvořen hlubokými rýhami, na jejichž vystupujících prstencích se indukují magnetické póly. Rozdružovaná surovina se přivádí pomocí vibračního podavače pod indukční válec. Magnetický podíl je ze suroviny extrahován k indukovaným pólům válce a ulpívá na nich. Vlivem otáčení válce odpadají magnetické částice postupně od jeho povrchu v zóně, kde již nepůsobí elektromagnetické pole a jsou shromažďovány v příslušném zásobníku. Nemagnetické částice nejsou magnetickým polem ovlivňovány a postupují pod indukčním válcem do zásobníku nemagnetického produktu.



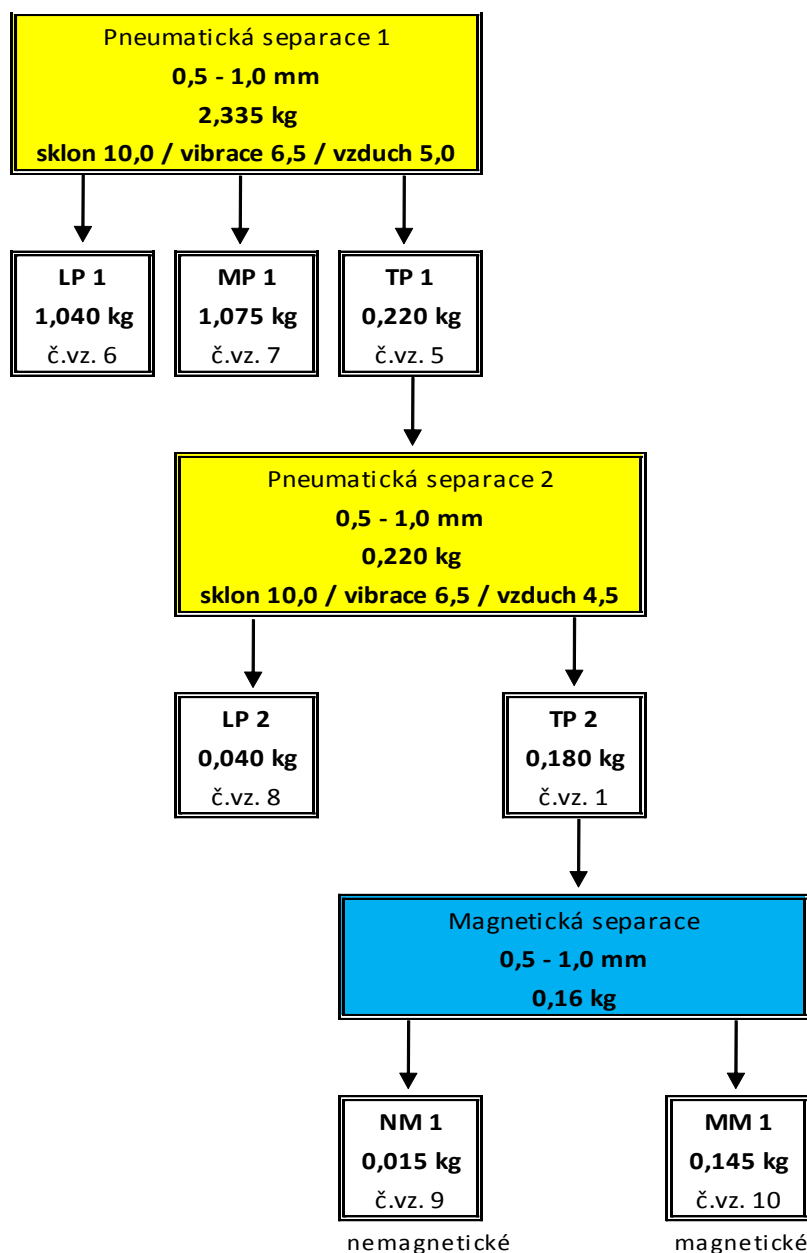
Obrázek 8, Indukční rozdružovač UVR

Tabulka 2, Seznam vzorků, druh separace a barevné značení

## Seznam vzorků granátosného svoru Měděnec / použité druhy separací / barevné značení jednotlivých frakcí.

poř.č.	Labor.značka VÚHU Most	Labor.značka TUO VŠB Ostrava	Zrnitost (mm)	Hmotnost (kg)	Pneumatická separace 1			Pneumatická separace 2			Pneumatická separace 3			Magnetická separace	Třídění na sítích
					Sklon	Vibrace	Vzduch	Sklon	Vibrace	Vzduch	Sklon	Vibrace	Vzduch		
1.	6	LP 1	0,5 - 1,0	1,040	10,0	6,5	5,0								
2.	7	MP 1	0,5 - 1,0	1,075	10,0	6,5	5,0								
3.	5	TP 1	0,5 - 1,0	0,220	10,0	6,5	5,0								
4.	8	LP 2	0,5 - 1,0	0,040				10,0	6,5	4,5					
5.	1	TP 2	0,5 - 1,0	0,180				10,0	6,5	4,5					
6.	9	NM 1	0,5 - 1,0	0,010										ano	
7.	10	MM 1	0,5 - 1,0	0,145										ano	
8.	11	LP 1	1,0 - 2,0	3,365	8,4	7,0	8,0								
9.	15	MP 1	1,0 - 2,0	1,970	8,4	7,0	8,0								
10.	13	TP 1	1,0 - 2,0	7,540	8,4	7,0	8,0								
11.	12	LP 2	1,0 - 2,0	1,280				11,4	7	8					
12.	16	MP 2	1,0 - 2,0	2,290				11,4	7	8					
13.	14	TP 2	1,0 - 2,0	3,970				11,4	7	8					
14.	4	TP 2.2	nad 1,6	0,975											ano
15.	2	TP 2.2.1	pod 1,4	0,170											ano
16.	3	TP 2.2.2	1,4 - 1,6	0,235											ano
17.	18	LP 3	nad 1,6	0,255							8,00	7,00	10,00		
18.	17	TP3	nad 1,6	0,290							8,00	7,00	10,00		

Zkoušky magnetické a pneumatické separace byly prováděny se zrnitostními třídami 0.5 - 1 mm a 1-2mm. Schematické znázornění laboratorních experimentů pro obě třídy je uvedeno níže (Obrázek č. 9 a 10). Vzorek zrnitosti 0.5-1mm (Obrázek č. 9) byl na separátoru V 135 E rozdružen na tři frakce: lehký produkt LP 1, meziprodukt MP1 a těžký produkt TP1. Produkt TP 1 byl podroben „přečištnému“ rozduřování s výslednými produkty LP 2 a TP 2. Posledním rozduřovacím procesem v této zrnitostní třídě byla magnetická separace na indukčním rozduřovači UVR. Vzorek TP 2 byl rozdělen na nemagnetickou část NM 1 a na magnetickou část MM 1.



Obrázek 9, Postup pneumatické a magnetické separace zrnitostní třídy 0,5 – 1,0 mm

Z každého stupně úpravy byly odebrány reprezentativní vzorky, které byly podrobeny analýze RTG difrakcí s cílem stanovení jejich mineralogického složení. Rentgenová analýza frakce 0,5 – 1,0 mm (*Tabulka č. 3*) prokázala v jednotlivých vzorcích procentuelní zastoupení minerálů: Almandin, krystal.SiO<sub>2</sub>, muskovit, kaolinit, anortit a ostatní podíl.

Tabulka 3, Rentgenová analýza frakce 0,5 – 1,0 mm

**Rentgenová analýza - mineralogické složení (%) - zrnitost 0,5 - 1,0 mm.**

Pneumatická separace	Výnos		Almandin	Křst.SiO <sub>2</sub>	Muskovit	Kaolinit	Anortit	Ostatní	Σ
	kg	%							
<b>Třída 0,5 - 1,0 mm</b>									
LP 1	1,040	44,54	5,66	38,12	56,22	0,00	0,00	0,00	100,00
MP 1	1,075	46,04	14,81	78,04	7,15	0,00	0,00	0,00	100,00
TP 1	0,220	9,42	51,47	31,74	7,55	9,24	0,00	0,00	100,00
<b>Podání celkem</b>	<b>2,335</b>	<b>100,00</b>	<b>14,19</b>	<b>55,90</b>	<b>29,04</b>	<b>0,87</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>
<b>Pneumatická separace - přečistka</b>									
LP 2	0,04	18,18	7,65	65,06	27,30	0,00	0,00	0,00	100,00
TP 2	0,18	81,82	67,16	23,11	9,74	0,00	0,00	0,00	100,00
<b>Podání = TP 1</b>	<b>0,22</b>	<b>100,00</b>	<b>56,34</b>	<b>30,73</b>	<b>12,93</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>
<b>Magnetická separace</b>									
Nemagnetické NM 1	0,02	9,38	2,24	74,14	23,61	0,00	0,00	0,00	100,00
Magnetické MM 1	0,15	90,63	77,11	14,94	7,95	0,00	0,00	0,00	100,00
<b>Podání = TP 2</b>	<b>0,16</b>	<b>100,00</b>	<b>70,90</b>	<b>20,49</b>	<b>9,42</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>

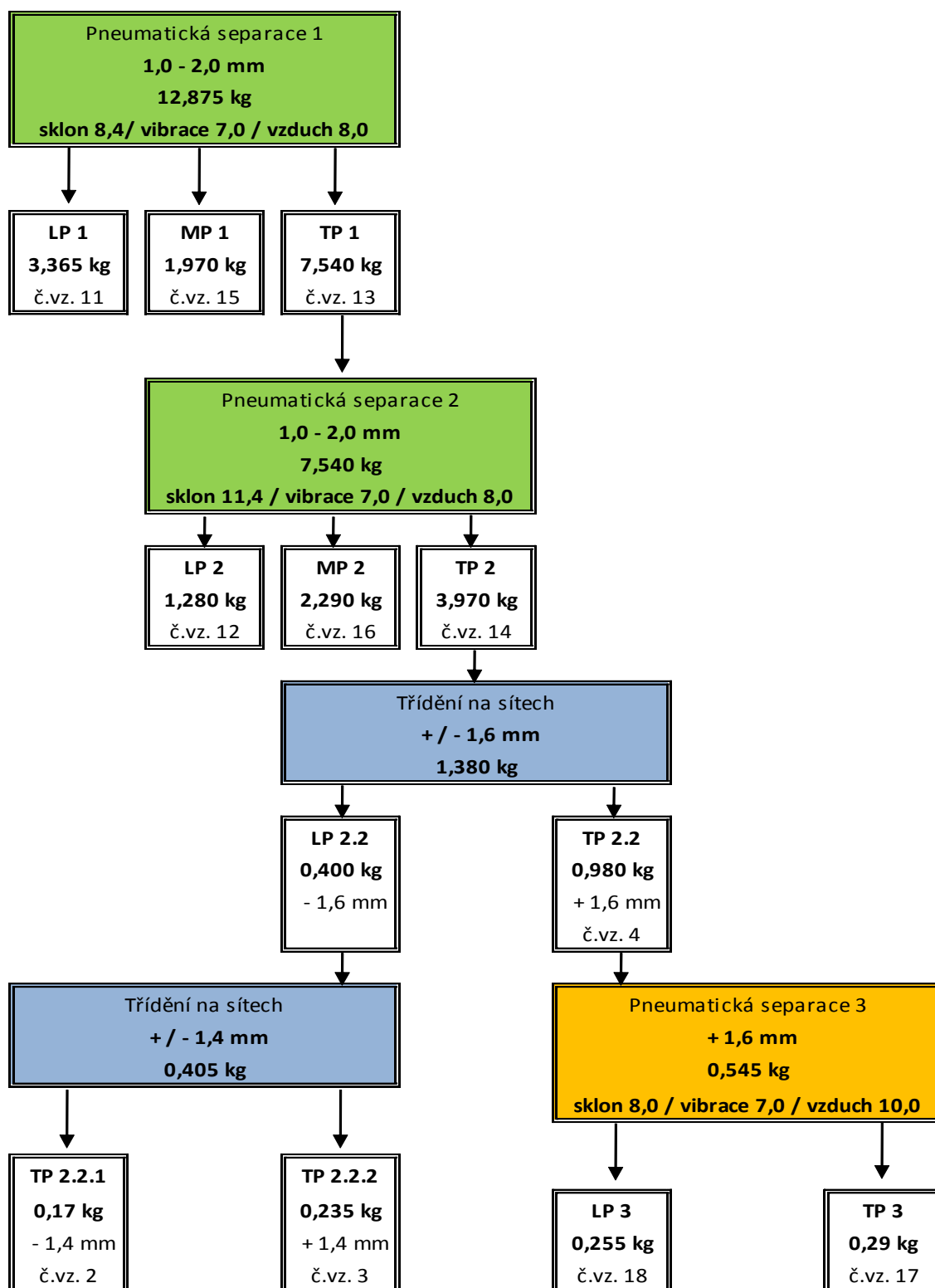
**Dílčí závěr 1**

Pneumatickou separací byl získaný těžký produkt, obsahující přibližně 51% almandinu, což v porovnání s průměrným obsahem tohoto minerálu v původním vzorku (cca 14%) představuje přibližně 3,5 násobné zvýšení. Produkt je však stále kontaminován přibližně 32% křemene. Dosažená výtěžnost almandinu do těžkého produktu se pohybuje na hranici 34%. To znamená, že přibližně 66% přítomného almandinu přechází do ostatních produktů rozdělování. Zařazením přečistné separace byl zvýšen obsah almandinu na hodnotu přibližně 67%, přičemž tento produkt stále obsahuje 23% křemenných podílů. Dosažená výtěžnost almandinu v tomto kroku má hodnotu 97.5%. Magnetické rozdělování produktu pak umožnilo další zvýšení obsahu almandinu přibližně o 10% .

Rovněž vzorek zrnitosti 1-2mm byl na pneumatickém separátoru rozdělen-na tři frakce: lehký produkt LP 1, meziprodukt MP1 a těžký produkt TP1. Produkt TP 1

podstoupil taktéž „přečistku“ s výslednými produkty LP 2, MP 2 a TP 2. Postup, hmotnostní podíly, třídění na sítích a nastavení pneumatického rozdružovacího splavu (*Obrázek č. 10*).

Vzorky taktéž podstoupily rentgenovou analýzu, mineralogický rozbor ve Výzkumném ústavu pro hnědé uhlí Most. Rentgenová analýza frakce 1,0 – 2,0 mm (*Tabulka č. 4*) prokázala v jednotlivých vzorcích procentuelní zastoupení minerálů: Almandin, krystal. $\text{SiO}_2$ , muskovit, kaolinit, anortit a ostatní podíl.



Obrázek 10, Postup pneumatické a magnetické separace zrnitostní třídy 1,0 – 2,0 mm

Tabulka 4, Rentgenová analýza frakce 1,0 – 2,0 mm

**Rentgenová analýza - mineralogické složení (%) - zrnitost 1,0 - 2,0 mm.**

Pneumatická separace	Výnos		Almandin	Kryst.SiO <sub>2</sub>	Muskovit	Kaolinit	Anortit	Ostatní	Σ
	kg	%							
<b>Třída 1,0 - 2,0 mm</b>									
LP 1	3,365	26,14	3,09	41,27	51,42	4,22	0,00	0,00	100,00
MP 1	1,970	15,30	3,76	58,20	32,56	0,00	5,48	0,00	100,00
TP 1	7,540	58,56	22,46	45,04	32,50	0,00	0,00	0,00	100,00
<b>Podání celkem</b>	<b>12,875</b>	<b>100,00</b>	<b>14,54</b>	<b>46,07</b>	<b>37,45</b>	<b>1,10</b>	<b>0,84</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>
<b>Pneumatická separace - přečistka</b>									
LP 2	1,280	16,98	6,62	49,66	43,73	0,00	0,00	0,00	100,00
MP 2	2,290	30,37	13,19	56,45	28,58	1,78	0,00	0,00	100,00
TP 2	3,970	52,65	29,28	40,02	24,73	5,97	0,00	0,00	100,00
<b>Podání = TP 1</b>	<b>7,540</b>	<b>100,00</b>	<b>20,55</b>	<b>46,64</b>	<b>29,12</b>	<b>3,69</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>
<b>Třídění na sítích</b>									
LP - 1,6 mm	0,40	29,35	~	~	~	~	~	~	~
TP 2.2 + 1,6 mm	0,98	70,65	31,66	43,67	20,34	4,34	0,00	0,00	100,00
<b>Podání = TP 2</b>	<b>1,38</b>	<b>100,00</b>	<b>29,28</b>	<b>40,02</b>	<b>24,73</b>	<b>5,97</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>
<b>Pneumatická separace</b>									
LP 3	0,26	46,79	13,61	59,79	21,51	5,09	0,00	0,00	100,00
TP 3	0,29	53,21	48,02	31,95	9,90	10,13	0,00	0,00	100,00
<b>Podání = TP 2.2</b>	<b>0,55</b>	<b>100,00</b>	<b>31,92</b>	<b>44,98</b>	<b>15,33</b>	<b>7,77</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>
<b>Třídění na sítích</b>									
TP 2.2.1 - 1,4 mm	0,17	41,98	19,46	53,29	27,25	0,00	0,00	0,00	100,00
TP 2.2.2 + 1,4 mm	0,23	58,02	31,35	35,73	26,68	6,24	0,00	0,00	100,00
<b>Podání = LP</b>	<b>0,40</b>	<b>100,00</b>	<b>26,36</b>	<b>43,10</b>	<b>26,92</b>	<b>3,62</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>

**Dílčí závěr 2**

Z tabulky č. 4 je zřejmé, že výsledky, dosažené při pneumatickém rozduřování zrnitostní třídy jsou z hlediska dosahovaných výtěžností lepší než v předcházejícím případě. Operací základního rozduřování bylo dosaženo přibližně 90% výtěžnosti



almandinu do těžkého produktu, což znamená, že pouhých 10% tohoto minerálu přešlo do ostatních produktů separace. Tato kvantita je však samozřejmě na úkor kvality těžkého produktu (obsah almandinu 22.46%). Přečistným pneumatickým rozdružováním spolu s mechanickým tříděním se podařilo zvýšit obsah almandinové složky ve výsledném produktu až na hodnotu 48.02%.

## **Závěr**

Diplomová práce je zaměřena na problematiku zpracování granátonosných svorů z oblasti Měděnce v Krušných horách. Popisná práce je věnována charakteristice lokality a historii těžby rud na ložisku Měděnec. Experimentální část spočívá v ověření možností zpracování almandinové suroviny. Po odebrání vzorku byla provedena mineralogická charakteristika metodou RTG difrakce. Bylo prokázáno, že surovina obsahuje mezi 10-14% almandinu, který by bylo možno průmyslově získat. Pro získání almandinového produktu byla použita netradiční metoda pneumatického rozdružování (gravitační úprava za sucha) ve spojení s mechanickým tříděním a magnetickým rozdružováním. Provedenými experimenty bylo prokázáno, že suchá gravitační úprava představuje jednu z možností, jak technické granáty ze sledované suroviny získat. Vzhledem k poměrně malému časovému prostoru a omezenému množství vzorku však byly provedeny pouze základní experimenty, které nejsou dostačující pro komplexní posouzení možností výroby almandinového produktu. Získané poznatky mohou však být použity pro další úvahy o zpracování této suroviny.

## Obrázkové přílohy



Obrázek 11, Zrna nad 2,0 mm



Obrázek 12, Zrna pod 2,0 mm



Obrázek 13, Zrna od 0,5 do 1,0 mm



**Obrázek 14, Zrna pod 0,5 mm**



**Obrázek 15, Zrna MM 1 magnetická 0,5 – 1,0 mm**



**Obrázek 16, Zrna NM 1 nemagnetická 0,5 – 1,0 mm**





**Obrázek 17, Barevné porovnání zrn 0,5 - 1 mm, frakcí LP1, MP1, LP2 a TP2**



**Obrázek 18, Zrna 0,5 - 1 mm MP1**



**Obrázek 19, Zrna 0,5 - 1 mm LP1**



**Obrázek 20, Zrna 0,5 - 1 mm TP 2**



**Obrázek 21, Zrna 0,5 - 1 mm LP2**



**Obrázek 22, Zrna 1,0 – 2,0 mm TP 2**





**Obrázek 23, Zrna 1,0 – 2,0 mm LP 2 při kvartaci**



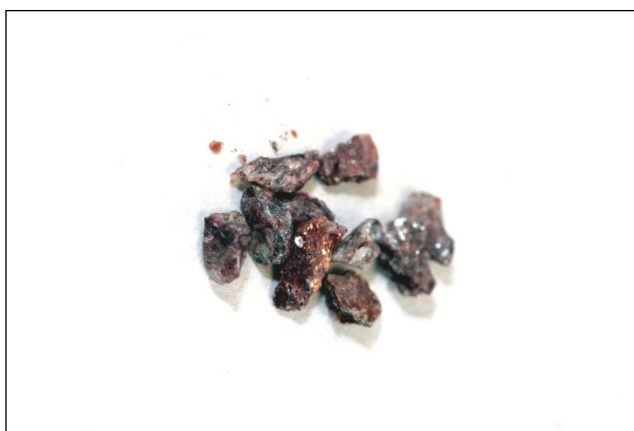
**Obrázek 24, Zrna 1,0 – 2,0 mm TP 1**



**Obrázek 25, Zrna 1,0 – 2,0 mm MP 1**



**Obrázek 26, Zrna 1,0 – 2,0 mm LP 1**



**Obrázek 27, Zrna MM 1 magnetická 0,5 – 1,0 mm**



**Obrázek 28, Výsledná zrna granátu MM 1 po magnetické separaci, zrnitostní velikost 0,5 – 1,0 mm,  
zvětšená makro objektivem**

Zdroj: Autor, 2011



## Použitá literatura

1. BLÁHOVÁ, O. *Fyzikální rozdrůžovací procesy I*. Vyd. 1. Ostrava : VŠB, 1990. 61 s.
2. JAN, Svoboda. *Magnetic Techniques for the Treatment of Materials*. Vyd. 1. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers, 2004. 616 s. ISBN 1-4020-2038-4.
3. ŠAFAŘÍK, Jiří; STÝBLO, Waldemar; PRCHAL, Jan. Měděnec : Dobývání a úprava železné rudy v přísečnicko-měděneckém rudním revíru. In . *Měděnec : Stručná historie a perspektivy hornické a geologické činnosti*. Měděnec : Nadace Georgia Agricolu, 1993. s. 26.
4. VÁVRA, Václav ; LOSOS, Zdeněk. *Multimediální studijní texty z mineralogie* [online]. 2008 [cit. 2011-04-25]. Skupina chloritů. Dostupné z WWW: <[http://www.sci.muni.cz/mineralogie/kap\\_4\\_3\\_optika/skupina\\_chloritu.htm](http://www.sci.muni.cz/mineralogie/kap_4_3_optika/skupina_chloritu.htm)>.
5. Křemen. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, [cit. 2011-04-25]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/K%C5%99emen>>.
6. Křemen. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, [cit. 2011-04-25]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/K%C5%99emen>>.
7. Muskovit. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, [cit. 2011-04-25]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/K%C5%99emen>>.
8. Granát. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, [cit. 2011-04-25]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/K%C5%99emen>>.

## Seznam obrázků

Obrázek 1, Podélný řez ložiskem Měděnec .....	9
Obrázek 2, Geologický řez dobývacím prostorem Měděnec .....	9
Obrázek 3, Křemen .....	15
Obrázek 4, Světlá slída - Muskovit .....	16
Obrázek 5, Granát. ....	17
Obrázek 6, Chlorit .....	18
Obrázek 7, Pneumatický rozdužovací splav, model V 135 E .....	20
Obrázek 8, Indukční rozdužovač UVR .....	21
Obrázek 9, Postup pneumatické a magnetické separace zrnitostní třídy 0,5 – 1,0 mm .....	23
Obrázek 10, Postup pneumatické a magnetické separace zrnitostní třídy 1,0 – 2,0 mm .....	26
Obrázek 12, Zrna nad 2,0 mm .....	30
Obrázek 13, Zrna pod 2,0 mm .....	30
Obrázek 14, Zrna od 0,5 do 1,0 mm .....	30
Obrázek 15, Zrna pod 0,5 mm .....	31
Obrázek 16, Zrna MM 1 magnetická 0,5 – 1,0 mm .....	31
Obrázek 17, Zrna NM 1 nemagnetická 0,5 – 1,0 mm .....	31
Obrázek 18, Barevné porovnání zrn 0,5 - 1 mm, frakcí LP1, MP1, LP2 a TP2 .....	32
Obrázek 19, Zrna 0,5 - 1 mm MP1 .....	32
Obrázek 20, Zrna 0,5 - 1 mm LP1 .....	32
Obrázek 21, Zrna 0,5 - 1 mm TP 2 .....	33
Obrázek 22, Zrna 0,5 - 1 mm LP2 .....	33
Obrázek 23, Zrna 1,0 – 2,0 mm TP 2 .....	33
Obrázek 24, Zrna 1,0 – 2,0 mm LP 2 při kvartaci .....	34
Obrázek 25, Zrna 1,0 – 2,0 mm TP 1 .....	34

Obrázek 26, Zrna 1,0 – 2,0 mm MP 1 .....	34
Obrázek 27, Zrna 1,0 – 2,0 mm LP 1 .....	35
Obrázek 28, Zrna MM 1 magnetická 0,5 – 1,0 mm.....	35
Obrázek 29, Výsledná zrna granátu MM 1 po magnetické separaci, zrnitostní velikost 0,5 – 1,0 mm, zvětšená makro objektivem .....	35

## Seznam tabulek

Tabulka 1, Výsledky zrnitostního rozboru .....	19
Tabulka 2, Seznam vzorků, druh separace a barevné značení .....	22
Tabulka 3, Rentgenová analýza frakce 0,5 – 1,0 mm .....	24
Tabulka 4, Rentgenová analýza frakce 1,0 - 2,0 mm .....	27